

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : 93600013.2

(51) Int. Cl.⁵ : H02P 9/42

(22) Date de dépôt : 21.05.93

(30) Priorité : 23.07.92 GR 92010033

(43) Date de publication de la demande :
26.01.94 Bulletin 94/04

(84) Etats contractants désignés :
DE DK ES FR GB IT NL PT SE

(71) Demandeur : SAMIAKOS, Spyros
M. Alexandrou 9
GR-151 22 Marousi, Athens (GR)

(72) Inventeur : SAMIAKOS, Spyros
M. Alexandrou 9
GR-151 22 Marousi, Athens (GR)

(54) Construction d'un onduleur photoélectronique capable de fournir une tension et une fréquence variables au rotor entortillé d'une génératrice asynchrone, pour des aérogénérateurs de tout type.

(57) Le système proposé concerne l' alimentation du rotor d' une génératrice asynchrone à rotor entortillé par un ONDULEUR.

L' ONDULEUR fournit une tension alternative triphasée au rotor, de fréquence et tension variables.

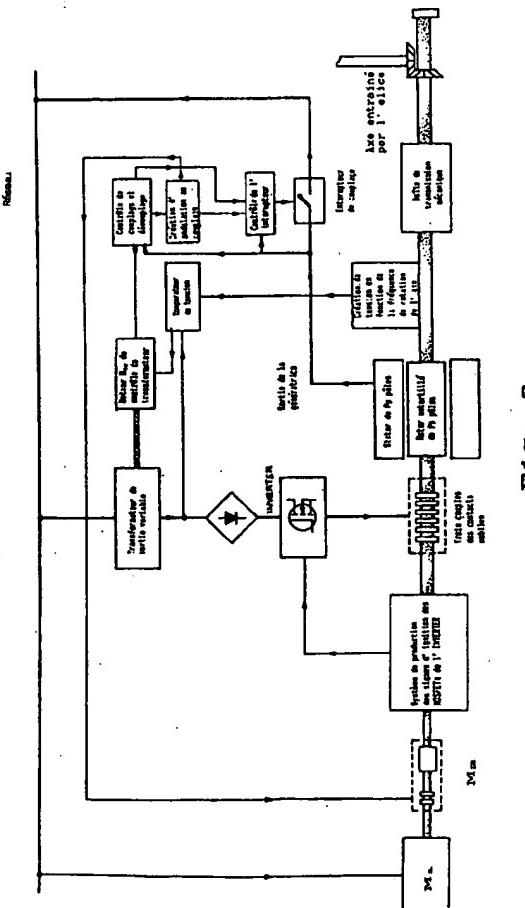
La fréquence a une valeur telle que la génératrice produise toujours de la tension à la même fréquence que celle du réseau (50 Hz).

Le principe du fonctionnement du système, est la création des signes électriques d'allumage des transistors de puissance MOSFETs. La création de ces signes est fondée au le balayage des photopiles par une zone lumineuse tournante, de fréquence égale à la différence de deux fréquence :

Fréquence du réseau - Fréquence de rotation du rotor

L' invention peut être appliquée aux aérogénérateurs de tous les types puisque le système peut alimenter le rotor, avec une tension triphasée alternative de fréquence complémentaire pour une gamme de fréquence de rotation large.

L' invention peut être aussi appliquée à la conversion de l' énergie solaire à l' énergie électrique, c' est à dire à la conversion de tension continue à tension alternative triphasée avec des harmoniques négligeables.



Le brevet concerne la partie des aérogénérateurs électrologique et plus précisement l'excitation de la génératrice.

Le système proposé concerne la réalisation d'une génératrice synchrone flexible qui peut varier la fréquence de rotation sans le danger de désynchronisation.

5 Le partie électrologique des aérogénérateurs se constitue, habituellement, d'une génératrice asynchrone, dont la fréquence de rotation reste à peu près stable.

La stabilisation de la fréquence est obtenue à l'aide du contrôle mécanique du pas du pale de l'élice (pitch control), ou à l'aide du frein dans le cas de la vitesse du vent plus grande que la vitesse de fonctionnement nominale.

10 Mais cette stabilisation de la fréquence a lieu en detriment du rendement aérodynamique, et conséquemment une chute du rendement de l'ensemble de l'installation.

En plus, l'utilisation du frein mécanique, entraîne des ruptures et crée un besoin de maintenir assez fréquent. Une autre méthode est l'exploitation du vent complète en suivant l'élice, la vitesse du vent.

15 Dans cette méthode on utilise une génératrice du courant continu, dont la tension (continue) est conversée à tension alternative, de fréquence égale à celle du réseau avec lequel est liée.

La conversion a lieu à l'aide du convertisseur électronique, INVERTER. La désavantage de la méthode est l'apparition de nombreuses harmoniques et le passage des courants forts par les transistors.

Une autre méthode, de la même catégorie, est l'utilisation des boîtes de vitesse compliquées et lourdes, afin que l'élice puisse varier la fréquence de rotation (suivant la vitesse du vent), mais avec la fréquence de rotation 20 de la génératrice à peu près stable.

Dans le cadre de l'invention proposée, un convertisseur de courant continu à courant alternatif, alimente le rotor d'une génératrice asynchrone.

25 Le système de la production de tension alternative de fréquence variable, est fondé sur un INVERTER photoélectronique, dont les transistors de puissance reçoivent des signes d'ignition, provenus par le balayage des photopiles par une zone tournante lumineuse.

L'INVERTER nous donne une fréquence telle qu'elle soit ajoutée sur la fréquence mécanique de rotation du rotor et qu'elle nous donne la fréquence du réseau (50 Hz ou 60 Hz), après être multipliée par le nombre des paires des pôles.

C'est à dire, dans tous les cas:

30 $(N_{inv} + N) \cdot (P/2) = 50$ (ou 60 Hz) où: N_{inv} est la fréquence que nous fournit l'INVERTER, N est la fréquence de rotation du rotor, et $P/2$ est le nombre des paires des pôles.

Le système photoélectronique est constitué en quatre parties:

(A) La première partie se compose d'un petit moteur synchrone triphasé M_1 , Figure 1., dont le nombre des pôles est égal à celui de la génératrice.

35 L'alimentation du moteur est assurée par le réseau, Fig. 1.

Le moteur entraîne en rotation, avec une fréquence égale à $50/(P/2)$ Hz, un disque (1), Figure 1., qui a une ouverture, Figure 3., via laquelle passe la lumière, qui est provenue par des lampes (3), Figure 1., qui se trouvent d'une part du disque (1).

40 Quand le disque tourne, la lumière passe via l'ouverture et conséquemment une zone lumineuse tourne à droite du disque, avec une fréquence égale à $50/(P/2)$ Hz, et généralement:

(fréquence du réseau) / (Nombre des paires des pôles)

Le nombre des paires des pôles du moteur M_1 , Fig. 1, est toujours égal à celui de la génératrice.

Le disque (1) hors de la rotation précédente primaire, peut se mettre en une rotation complémentaire (de très petite fréquence), à l'aide d'un petit moteur M_2 qui est articulé, d'une manière solide, sur le même axe (4) qui entraîne le M_1 , Fig. 1.

45 Cette rotation secondaire a lieu pour la création de l'ondulation de la tension aux bornes du stator (RMS) pendant la procédure du couplage de la génératrice avec le réseau.

Quand le moteur M_2 fonctionne, la zone lumineuse tourne avec une fréquence un peu plus petite ou plus grande que $50/(P/2)$ Hz.

50 Mais le fonctionnement de M_2 s'arrête immédiatement après le couplage.

(B) La deuxième partie se compose d'un disque (2) qui est entraîné par le même axe (18), qui entraîne la génératrice, Figure 1.

Le disque (2) a sur sa surface des photopiles sensibles (8), Fig. 6., qui sont balayées par la zone lumineuse qui pénètre l'ouverture du premier disque (1), Fig. 1. et Fig. 3.

55 Du fait que le sens de rotation de deux disques est le même, avec une fréquence différente, le résultat est que la zone lumineuse balaye le disque (2) avec une fréquence:

[$50/(P/2) - N$], ou $50/(P/2)$ est la fréquence de rotation du moteur synchrone M_1 (disque (1)) et N est la fréquence mécanique de rotation de la génératrice qui entraîne le disque (2), Fig. 2.

C'est à dire, les photopiles sensibles donnent leurs signes photoélectriques (signes de tension) avec une fréquence égale à celle de la zone lumineuse qui les balaie.

Les tensions - signes des Photopiles après être amplifiées par les amplificateur opérationnels conduisent les MOSFETs de l' INVERTER.

5 (C) Les amplificateurs opérationnels (5), Fig. 1 et l' ensemble des MOSFETs de l' INVERTER (6) compose la troisième partie, Fig. 1 et Fig. 18.

A cause du fait que les signes amplifiés qui conduisent les MOSFETs, ont une fréquence égale à [50/(P/2) - N] Hz , l' INVERTER fournit le rotor de la génératrice d' une tension de la même fréquence:

$$(100/P - N) \text{ Hz}$$

10 Mais cette fréquence, $100/P - N$, est la fréquence complémentaire, puisque: $(N_{inv} + N)(P/2)$ est la fréquence que le stator voit, ou $N_{inv} = 100/P - N$ et en remplaçant: $(100/P - N + N)*(P/2) = 50 \text{ Hz}$.

C'est à dire, la tension induite au stator à une fréquence de 50 Hz, donc, la génératrice fonctionne toujours, comme une génératrice synchrone.

15 (D) Un transformateur, qui a au secondaire des contacts intermédiaires (9), Fig. 17, par lesquels on prend les tensions qui alimentent l' INVERTER après leur redressement, Figure 1. et Fig. 17.

Cette manière d' alimentation nous assure l' élimination des harmoniques.

La première Figure 1., concerne le principe de fonctionnement de l' INVERTER photoélectronique, comme elle a été décrite en bref, précédemment.

20 Les détails techniques qui concernent la disposition des photopiles sur le deuxième disque et de même l' amplification des signes photoélectriques qui conduisent les MOSFETs sont expliqués dans un paragraphe suivant.

Le système décrit de l' alimentation de la génératrice de type "double fed induction machine" peut être utilisé à tous les types des aérogénérateurs.

C'est à dire aux aérogénérateurs à axe horizontal et de même aux aérogénérateurs à axe vertical.

25 La philosophie est toujours la même:

L' élice suit librement les variations de la vitesse du vent et la fréquence de rotation sera stabilisée à manière que la condition d' égalité, entre le moment mécanique (à cause du vent) et le moment électromagnétique, soit satisfaite.

30 Jusqu' aujourd'hui la méthode habituelle est la stabilisation de la fréquence de rotation de l' élice, en detriment du rendement aérodynamique.

La nouveauté introduite, donc, est l' exploitation complète de la puissance du vent, dans une marge des vitesses du vent large.

L' idée principale est la même que la société SIEMENS a appliqué au grand aérogénérateur GROWIAN:
"Siemens Power Engineering" Vol. VI No.1

35 Jenuary/February 1984

Pages 56 to 59

Author: Otto Warneko

La différence entre le système décrit et celui de SIEMENS est la manière de production de la tension alternative (INVERTER).

40 L' avantage du système que SIEMENS a utilisé est l' utilisation des transistors de puissance à l' alimentation du rotor de la génératrice en la rendant une génératrice synchrone.

Avec ce système, SIEMENS a obtenu la réduction des harmoniques et le passage des courants plus petits, via les transistors de puissance, (par rapport ceux-ci qui passeraient si la conversion auraient lieu au stator)
La nouveauté d' invention proposée est la manière différente de production de la tension alternative de fréquence complémentaire.

Plus précisément, SIEMENS a utilisé un synchromètre sensible lié avec un ordinateur pour l' Ignition des transistors de l' INVERTER.

Dans l' invention proposée est utilisé un système photoélectronique, qui simplifie le fonctionnement.

Mais hors de la simplification, on a une possibilité d' une marge du glissement du rotor large, par rapport à la fréquence du réseau 50 Hz.

En revanche, au système de SIEMENS, la marge de glissement est seulement 10% par rapport à une fréquence de rotation nominale.

L' invention proposée, est appliquée à un modèle, tout à fait théorique de type DARRIEUS.

55 Le choix de ce type a eu lieu, parce que avec le système décrit, on élimine les deux désavantages des aéromoteurs de ce type.

Le premier est la chute du coefficient aérodynamique C_p si la fréquence de rotation reste stable et la vitesse du vent change.

Le deuxième est la variation du moment mécanique (exercé par le vent) pendant la période d' une tour de l' éli-

ce, c'est à dire la variation de puissance fournie au réseau.

L'élimination de deux désavantages précédents, rend les aérogénérateurs DARRIEUS antagonistes par rapport à ceux à axe horizontal.

Le système décrit à l'étude a les avantages suivants:

- 5 A cause de la manière automatique du réglage de la fréquence de la tension que l'INVERTER fournit au rotor, la génératrice travaille toujours comme une génératrice synchrone sans le danger de désynchronisation.
- Il s'agit, c'est à dire, d'une génératrice asynchrone flexible qui peut poursuivre la vitesse du vent (et le moment exercé par le vent), avec une variation de fréquence de rotation libre.
- 10 Par rapport à la génératrice synchrone classique une autre différence est l'inexistence d'une fermeture à clef magnétique, (magnetic locking), à une fréquence de rotation.
- Ce dernier rend la génératrice instable (flottante) en ce qui concerne la fréquence de rotation.
- Mais cette instabilité, est exactement ce qu'on demande.
- 15 Ce dernier devient clair si on regarde le modèle vectoriel de la génératrice synchrone.
- Si on suppose qu'il y a une augmentation du moment mécanique sur l'axe, on a aussi en même temps un déplacement de l'angle mécanique du rotor.
- Mais ce déplacement mécanique n'est pas traduit à un déplacement en avance du champ magnétique tournant, parce que chaque déplacement en avance du disque avec les photopiles (qui est entraîné en rotation par le même axe), a comme résultat le retard respectif temporel à l'ignition des transistors MOS-FETs.
- 20 Ce dernier a comme résultat, que chaque déplacement mécanique du rotor soit annulé, par un déplacement contraire au champ magnétique, créé par la tension triphasée fournie par l'INVERTER.
- Conséquemment l'angle entre le flux résultant magnétique d'entrefer Φ_{sr} et le flux magnétique du rotor Φ_r reste le même, si le courant du rotor I_r ne change pas.
- 25 Mais ce dernier signifie, que la puissance fournie (par la génératrice) reste stable et de même le moment électromagnétique.
- Le résultat est l'accélération du rotor et l'augmentation de la fréquence de rotation.
- Contrairement, à la génératrice synchrone classique, une petite déplacement en avance du rotor (un angle $\Delta\phi$), a comme résultat l'augmentation de la puissance fournie et de même du moment électromagnétique
- 30 qui contrabalance l'augmentation du moment mécanique à manière que la fréquence de rotation reste stable.
- C'est à dire le comportement est différent.
- Plus précisément, dans le cas du système décrit on a une conservation de la puissance fournie et du moment électromagnétique, qui a comme résultat l'accélération du rotor.
- 35 Mais à cause du fait que le rotor avec tout le système de l'élice a une grande moment d'inertie, l'accélération est douce suivant les lois classiques de la Mécanique.
- Et si le moment mécanique, (exercé par le vent), présente une ondulation (ce qui est une réalité à l'aéromoteur DARRIEUS), cette ondulation provoque une ondulation dégradé de la puissance fournie.
- 40 C'est à dire au système proposé, l'inertie mécanique est traduite en une inertie de la puissance électrique fournie.
- Le deuxième désavantage des aéromoteurs DARRIEUS est donc, annulé (à cause de la dégradation de l'ondulation de la puissance électrique fournie).
- Mais si l'augmentation de moment mécanique sur l'axe est permanente le résultat est l'accélération du rotor.
- 45 Dans ce cas la fréquence de rotation augmente et le glissement du rotor baisse.
- Cette réduction du glissement, entraîne la réduction de la réactance du rotor et de même la réduction de la tension induite aux circuits du rotor.
- A cause de la réduction de la réactance et de la tension induite (qui est opposée à celle que l'INVERTER impose), il y a une augmentation du courant I_r du rotor.
- 50 Ces variations à la réactance, au glissement et à la tension induite, ont comme résultat le changement de tout le diagramme vectoriel, qui est respectif maintenant à une situation nouvelle, ou nous avons des courants au stator et au rotor plus grands.
- Dans cette situation nouvel
- Toute la simplification précédente du fonctionnement de la génératrice, a lieu, grâce à la manière "naturelle" de changement de la fréquence d'ignition des MOSFETs de l'INVERTER, à cause de mouvement relatif de deux disques tournants.
- B) Le deuxième avantage du système proposé, est l'élimination des harmoniques à cause de l'application de la tension à l'INVERTER en trois pas, comme il est expliqué au chapitre respectif.

C'est à dire la forme du flux magnétique du rotor est presque sinusoïdal.

C) Le troisième avantage est résultat du précédent, et concerne la construction de la génératrice.

À cause du fait que la forme du champ magnétique du rotor est presque sinusoïdale, le bobinage du stator peut être concentré et les dimensions de l'entrefer les plus moins possible, réduisant le courant du rotor demandé (pour l'excitation).

Cette réduction rend la construction de la génératrice plus économique, comme aussi celle de l'INVERTER, puisque le nombre des MOSFETs parallèles demandés baisse.

D) Le quatrième avantage concerne le couplage et le découplage de la génératrice avec le réseau.

Un problème qui fait apparition pendant le couplage et le découplage, est la perturbation entraînée au réseau, par les génératrices asynchrones des aérogénérateurs.

Au système proposé, le couplage et le découplage a lieu doucement comme aux génératrices synchrones.

Seulement au cas d'une situation irrégulière le découplage a lieu brusquement.

Ces cas sont: la supertension, le supercourant, la manque de phase.

L'invention deviendra plus claire avec une référence aux dessins qui accompagnent les textes, et ils présentent sa réalisation.

À la Fig. 1, nous avons une présentation qui concerne le principe du fonctionnement de l'INVERTER photoélectronique.

À la Fig. 2, nous avons une présentation du fonctionnement du système électrique d'un aérogénérateur qui utilise l'invention proposée.

À la Fig. 3, nous avons une présentation du disque (1) avec les secteurs respectifs de son ouverture.

À la Fig. 4, nous avons une section du disque (1) de la Fig. 3.

À la Fig. 5a, nous avons une présentation de l'INVERTER classique qui nous fournit une tension de la forme du méandre.

À la Fig. 5b, nous avons une présentation de l'INVERTER proposé à l'invention, qui nous fournit une tension présentée à la Fig. 5c.

À la Fig. 5c, nous avons une présentation de la forme de la tension, que l'INVERTER proposé (Fig. 5b) nous fournit, de 0 à T/2 où T est la période.

À la Fig. 6, nous avons la disposition convenable des photopiles sur la surface du disque (2).

À la Fig. 7a, nous avons une section du disque (1), où sont présentées la base et les "trous" dans lesquelles les photopiles sont implantées.

À la Fig. 7b, nous avons une section du disque (2), où sont présentées toutes les trois parties du disque (2), c'est à dire, la base, la surface d'implantation des photopiles et la couverture transparente.

À la Fig. 8 est présenté l'aspect d'une photopile.

À la Fig. 9 est présenté la manière de balayage des photopiles du disque (2) par la zone lumineuse tournante.

Aux Figures 10, 11, 12, 13, 14 sont présentés quelques instants caractéristiques du balayage du disque (2) par la zone lumineuse.

À la Fig. 15 est présenté un profil de l'axe (18) qui tourne le disque (2) où on peut voir les sillons et les câbles qui coduisent les signes par les photopiles aux anneaux (7).

À la Fig. 16, sont présentés le fonctionnement des amplificateurs opérationnels, l'alimentation du rotor et la liaison de deux axes, (axe de la génératrice et axe en bois (18)).

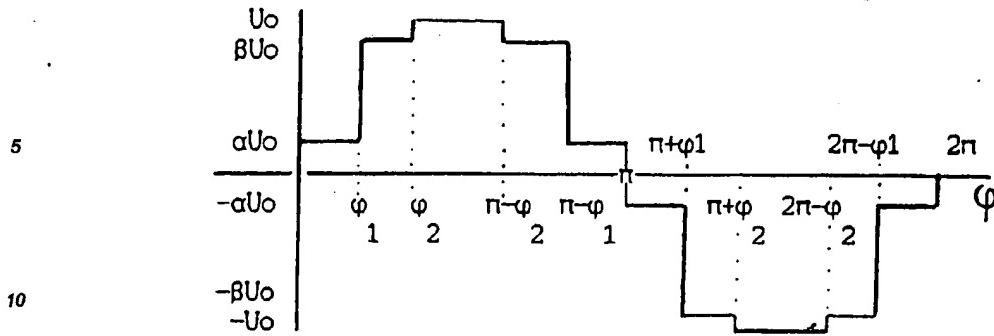
À la Fig. 17, est présenté le transformateur à sortie variable, avec le contacts intermédiaires (9) et le circuit de redressement de trois tensions prises.

À la Fig. 18, est présenté l'INVERTER qui alimente la phase A' du rotor de la génératrice.

Un problème qui fait apparition à la conversion du courant continu à courant alternatif, est le problème des harmoniques.

Si nous supposons une installation des aérogénérateurs massive à l'utilisation d'INVERTER, le problème de réduction des harmoniques a une importance décisive.

Dans ce but l'INVERTER fournit une tension qui est développée en trois pas, comme il est présenté dans le schéma qui suit:



Par la forme de la courbe précédente et la Fig. 5b., on a le tableau de fonctionnement des MOSFETs, qui concerne la durée angulaire pendant laquelle sont "ouverts".

15

	DUREE	MOSFET OUVERT	TABLEAU 1.
0 - φ_1 :		1 , -1	
$\varphi_1 - \varphi_2$:		$1,1'$, -1	
$\varphi_2 - (\pi - \varphi_2)$:		$1,1',1''$, -1	
$(\pi - \varphi_2) - (\pi - \varphi_1)$:		$1,1'$, -1	
$(\pi - \varphi_1) - \pi$:		1 , -1	
$\pi - (\pi + \varphi_1)$:		1τ , -1τ	
$(\pi + \varphi_1) - (\pi + \varphi_2)$:		$1\tau, 1\tau'$, -1τ	
$(\pi + \varphi_2) - (2\pi - \varphi_2)$:		$1\tau, 1\tau', 1\tau''$, -1τ	
$(2\pi - \varphi_2) - (2\pi - \varphi_1)$:		$1\tau, 1\tau'$, -1τ	
$(2\pi - \varphi_1) - 2\pi$:		1τ , -1τ	

L'analyse qui suit a comme but, la demande des valeurs des φ_1 , φ_2 et a , b , les plus convenables possibles, pour que les harmoniques:

40 2^{me}, 4G^{me}, 5^{me} etc soient petites.

Dans tous les cas les harmoniques 3^{me}, 6^{me}, 9^{me}, 12^{me}, etc ne circulent pas dans le circuit magnétique, du stator ou du rotor.

Selon la théorie de l' analyse FOURIER il est connu que pour une fonction périodique $F(t)$ nous avons:

45

$$a = \frac{2}{n} \int_0^T F(t) \cos(nwt) dt, \quad b = \frac{2}{n} \int_0^T F(t) \sin(nwt) dt, \quad a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T F(t) dt$$

50

et la fonction peut être écrite:

$$\begin{aligned}
 F(t) = & a_0 + a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t + \\
 & + a_2 \cos 2\omega t + b_2 \sin 2\omega t + \\
 & \dots \\
 & + a_n \cos n\omega t + b_n \sin(n\omega t)
 \end{aligned}$$

10

De plus il est connu que si:

$F(t) = F(-t)$ (fonction paire)

$b_1 = b_2 = b_3 = \dots = b_n = 0$ et si:

15 $F(-t) = -F(t)$ (fonction impaire)

$a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = 0$ et $a_0 \neq 0$

Par la forme de la courbe précédente nous concluons que:

$F(-\varphi) = -F(\varphi) = -a_0 U_0$ et conséquemment:

1) $a_0 = 0$ (il n'y a pas de terme constant)

2) $a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = 0$ (il n'a pas de cosinusoidaux)

20 Il existe donc, seulement des termes sinusoïdaux b_n dont l'expression nous devons trouver.

$$25 \quad b_n = \frac{2}{\pi T} \int_0^T F(t) \sin(n\omega t) dt = \frac{2}{\pi T} \left[\int_0^{\varphi_1/\omega} a_0 U_0 \sin(n\omega t) dt + \int_{\varphi_1/\omega}^{\varphi_2/\omega} b_0 U_0 \sin(n\omega t) dt + \int_{\varphi_2/\omega}^{(\pi-\varphi_2)/\omega} U_0 \sin(n\omega t) dt + \right]$$

$$\begin{aligned}
 30 \quad & + \int_{(\pi-\varphi_2)/\omega}^{(\pi-\varphi_1)/\omega} b_0 U_0 \sin(n\omega t) dt + \int_{(\pi-\varphi_1)/\omega}^{\pi/\omega} a_0 U_0 \sin(n\omega t) dt + \int_{\pi/\omega}^{(\pi+\varphi_1)/\omega} (-a_0 U_0) \sin(n\omega t) dt + \int_{(\pi+\varphi_1)/\omega}^{(\pi+\varphi_2)/\omega} (-b_0 U_0) \sin(n\omega t) dt + \\
 35 \quad & \dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 40 \quad & + \int_{(2\pi-\varphi_2)/\omega}^{(2\pi-\varphi_1)/\omega} (-b_0 U_0) \sin(n\omega t) dt + \int_{(2\pi-\varphi_1)/\omega}^{2\pi/\omega} (-a_0 U_0) \sin(n\omega t) dt + \int_{2\pi/\omega}^{(2\pi+\varphi_1)/\omega} (-b_0 U_0) \sin(n\omega t) dt = \dots
 \end{aligned}$$

45

= et après les calculs:

$$\begin{aligned}
 50 \quad & = \frac{2U_0}{n\pi\omega} \left[2a(1-\cos n\pi) + a\cos n\varphi_1 (2\cos n\pi - 2) + b\cos n\varphi_2 (2\cos n\pi - 2) + \right. \\
 & \quad \left. + b\cos n\varphi_1 (2 - 2\cos n\pi) + \cos n\varphi_2 (2 - 2\cos n\pi) \right]
 \end{aligned}$$

55

L'expression précédente nous fournit les termes b_n .Nous examinons si il y a toute la série des termes b_n .

Si $n = 2k$:

$$2a(1 - 1) + a\cos\varphi_1(2 - 2) + b\cos\varphi_1(2 - 2) + b\cos\varphi_2(2 - 2) + \cos\varphi_2(2 - 2) = 0$$

c'est à dire il n'y a pas des harmoniques paires

Si $n = 2k + 1$:

5 $2a(1 + 1) + a\cos\varphi_1(-2 - 2) + b\cos\varphi_1(2 + 2) + b\cos\varphi_2(-2 - 2) + \cos\varphi_2(2 + 2) = 4a - 4a\cos\varphi_1 + 4b\cos\varphi_2 + 4\cos\varphi_2$

Il y a, donc, seulement la série des harmoniques impaires, et si on remplace:

$$b_n = U_o * (1/\eta\pi) * [4a(1 - \cos\varphi_1) + 4b(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2) + 4\cos\varphi_2]$$

On adopte, pour des raisons de symétrie $\varphi_1 = \pi/6$, $\varphi_2 = \pi/3$ et on doit calculer les valeurs des a , b de manière que les harmoniques basses soient réduites.

10 A cause du fait que les Harmoniques 3^{me}, 9^{me}, 15^{me} etc ne donnent pas de flux magnétique, on doit éliminer l' harmonique 5^{me}.

Remplaçant les valeurs adoptées des angles et si on met:

$$b_5 = 0$$

15 on calcule:

$$b = \frac{a(2 + \sqrt{3}) + 1}{1 + \sqrt{3}}$$

On donne des valeurs arbitraires au pourcentage a , et en utilisant la relation précédente, on calcule la valeur de b .

20 On crée, donc, un tableau de paires (a , b) et pour chaque paire on calcule, à l'aide d'un petit programme, tous les harmoniques jusqu'au 31^{me}.

Entre les paires, on peut adopter ce qui nous donne une valeur pour la première harmonique, presque égale à celle de la tension continue maximale appliquée U_o .

Les paires (a , b) sont:

25 $(0.10, 0.502), (0.15, 0.570), (0.2, 0.639), (0.25, 0.707)$

$(0.30, 0.775), (0.35, 0.844), (0.4, 0.912), (0.45, 0.980)$

Nous mettons ces valeurs au programme de calcul des harmoniques, et on compare les résultats.

On observe que le paire $(0.25, 0.707)$ nous donne $b_1 = 1.00875U_o$

On adopte, donc, ce paire et nous examinons plus précisément les valeurs de (a , b).

30 Essayant, enfin, les valeurs de a , qui sont près de 0.25, on observe que pour $a = 0.24$, $b = 0.693$ et $b_1 = 1.000929*U_o$

Entre les harmoniques, jusqu'au 31^{me}, on tient compte seulement de ceux qui créent du flux magnétique tournant, c'est à dire on ignore les harmoniques 3^{me}, 9^{me}, 15^{me}, etc.

Ignorant, donc, les b_3 , b_9 , b_{15} , b_{21} , b_{27} on a:

35

$b_1 = 1.00092U_o$	$b_5 = 0$	$b_7 = 0$
$b_{11} = 0.0909U_o$	$b_{13} = 0.0769U_o$	$b_{17} = 0$
$b_{19} = 0$	$b_{23} = 0.0435U_o$	$b_{25} = 0.0400U_o$
$b_{29} = 0$	$b_{31} = 0$	

On peut donc, rédiger un programme pour l'ordinateur dans lequel on tiendra compte de tous les harmoniques jusqu'au 31^{me}, sauf les 3^{me}, 6^{me}, 9^{me}, ..., 27^{me} comme il est déjà expliqué précédemment.

45 Les harmoniques de la tension qui sont supérieurs au 31^{me} donnent respectivement des harmoniques de courant très petites puisque la réactance du rotor augmente avec la fréquence.

Dans ce cadre nous supposons une valeur de résistance homogène et d'auto-inductance d'une phase du rotor: $R = 0.5$ Ohm et $L = 0.8$ H et nous dessinons la forme de la courbe du courant qui circule au rotor, en tenant le circuit du stator ouvert ($I_s = 0$).

50 Pour chaque harmonique de la tension b_1 , b_5 , b_7 , ..., b_{31} nous avons respectivement les courants I_1 , I_5 , ..., I_{31} dont l'amplitude est en fonction non seulement de l'amplitude des harmoniques de la tension b_1 , b_5 , ..., b_{31} mais en plus de l'impédance du rotor qui augmente avec la fréquence.

Enfin la différence de la phase angulaire entre tension - courant augmente avec la fréquence puisque le:

$$\tan\varphi = \eta(L\omega/R)$$

55 ou n = la classe de l'harmonique et ω = la pulsation de la première harmonique.

Dans tous les cas pour chaque harmonique du courant on a:

$$I_n = \frac{b_n}{\text{SQR}(R^2 + (nL\omega/R)^2)} \sin(n\omega t + \phi)$$

où $\tan\phi = \eta(L\omega/R)$

Par la forme de la courbe c' est visible que le courant équivalent (sans les 3^{me}, 6^{me},..., 27^{me} harmoniques)

5 est presque sinusoidal idéal).

Les tensions intermédiaires $0.24U_o$, $0.693U_o$ nous les prenons par le secondaire du transformateur par des spires intermédiaires.

Par exemple, si le secondaire du transformateur à sortie variable, a 1000 spires, nous prenons la tension $0.24U_o$ par le 240^{me} spire et la tension $0.693U_o$ par le 693^{me} spire.

10 D'après les valeurs précédentes la forme de la tension fournie à la sortie de l' INVERTER est présentée à la Fig. 5c.

Dans le paragraphe précédent, a eu lieu la description de la méthode mathématique de l'élimination des harmoniques.

15 Dans le paragraphe suivant on pourra voir la manière par laquelle les MOSFETs "ouvrent" et "eteignent" périodiquement.

Le principe général, de la production de tension alternative par les deux disques qui tournent dans le même sens mais avec de la vitesse différente, est déjà décrite.

Nous verrons maintenant les détails de construction de deux disques:

20 A) Le premier disque qui est entraîné par le moteur M₁, Figure 1., a une ouverture comme c'est visible dans la Figure 3.

Le disque est composé de deux surfaces exactement pareilles, Fig. 3., qui sont liées par une zone (15) à la périphérie et avec une autre au centre (16), comme c'est visible à la Figure 4., qui présente une section le long de la ligne à tirets de la Figure 3.

25 L'ouverture (la crevasse) du disque (1) peut être considérée qu'elle est divisée en trois secteurs, .Figure 3.

30 Le premier secteur (secteur 1.) est responsable de l'ignition des MOSFETs (1, -1) et (1r, -1r), Figure 5b , pour la phase A' du rotor et de même pour (2, -2) (2r, -2r) et (3, -3) , (3r, -3r) quant aux phases B' , C' du rotor respectivement, Fig. 3 et Fig. 6 Le deuxième secteur (secteur 2) est responsable de l'ignition des MOSFETs: (1', 1'r) , (2, 2'r) , (3, 3'r) pour les phases A', B', C' du rotor respectivement, Fig. 3 , Fig. 5b et Fig. 6.

35 Le troisième secteur (secteur 3) est responsable de l'ignition des MOSFETs: (1", 1"r) , (2", 2"r) , (3", 3"r) pour les phases A', B', C' du rotor respectivement, Fig. 3 , Fig. 5b , Fig. 6.

Les dimensions des secteurs 1, 2, 3 nous assurent que la durée temporelle, pendant laquelle les MOSFETs sont ouverts, est celle qui a été décrite au paragraphe respectif (de l'analyse Fourier), (Tableau I.). Plus précisément le secteur 1 garde ouverts les MOSFETs: (1,-1) , (1r,-1r) , (2,-2),(2r,-2r) , (3,-3),(3r,-3r) pendant un demi tour, (angle 180°), ou durant le temps T/2 , où T = la période de la rotation de la zone lumineuse qui balaie le disque (2), Figure 1 , Figure 3., Figure 6.

Le secteur 2 garde ouverts les MOSFETs: (1',1'r) , (2',2'r) , (3',3'r) pendant l'angle 120° ou durant le temps T/3, Fig. 3., 5b et 6.

40 Le secteur 3 garde les MOSFETs (1",1"r) , (2",2"r) , (3",3"r) ouverts pendant l'angle 60° ou durant le temps T/6.

Les deux disques tournants sont tout près, ou autrement dire l'écart entre eux, est très petit, afin que la lumière qui balaie les photopiles soit cette qui est définie par les secteurs de l'ouverture du disque (1), Fig. 3.

45 B) La disposition des photopiles sur le deuxième disque (2), Fig. 1. est visible dans la Fig. 6.

Le disque (2) est un ensemble de trois disques collés, Fig. 7b., de rayon égale.

Le premier (10), Fig. 7a., est un disque complet jouant le rôle de la base.

Le deuxième (11), Fig 7a., qui est collé sur le précédent, a des "trous" (12) dont les dimensions sont égales à celles des photopiles. Dans ces trous sont "implantées" les photopiles (8), Fig. 8 et Fig. 6, afin que les photopiles puissent résister contre les forces centrifuges.

50 Les photopiles sont de la société Fransaise SOLEMS de type:

07/048/032, qui ont la surface photosensible sur une base en verre, et elles sont capables à subir des mouvements circulaires, sans aucun problème.

Enfin le troisième, dont le matériel est un plastique transparent, (13), Fig 7b., maintient les photopiles immobiles dans les trous. Une section, avec tous les trois disques collés, est la Fig. 7b.

55 Les trois disques se gardent collés à l'aide des vis de serrage (14) comme on peut le voir dans la Fig. 7b. La disposition, selon laquelle a lieu la mise en place des photopiles, (ou les trous du deuxième disque (11)), est claire à la Fig. 6.

Les séries des photodiodes le long des diamètres ont un déplacement angulaire égal à 120° , ce qui est indispensable pour la création de la différence de 120° , comme la production de la tension triphasée existe. On observe dans la Figure 6., que les photodiodes (-1,1,1',1''), qui correspondent aux MOSFETs respectifs, Figure 18., sont placées à droite d'un rayon, et les photodiodes (-1r,1r,1'r,1''r) à gauche de la rayon opposée (le même diamètre).

- 5 De même pour les photodiodes (-2,2,2',2'') , (-2r,2r,2'r,2''r) et (-3,3,3',3'') , (-3r,3r,3'r,3''r). Cette disposition est indispensable parce qu'au moment où les photodiodes (-1r,1r,1'r,1''r) commencent à être balayées par la lumière, les photodiodes (-1,1,1',1'') doivent commencer à être non balayées, ou commencent à être dans l'obscurité.

- 10 Plus précisément chaque photodiode a sept bandes, Fig. 8. Les sept bandes sont liées en série, donc, si la dernière (septième) bande se trouve dans l'obscurité, elle ne donne pas de tension et conséquemment la tension totale aux bornes A, B devient nulle. C'est la raison pour laquelle l'ouverture du disque (1), Fig. 3, n'est pas symétrique quant à son contour. Dans les Figures 9., 10., 11., 12., 13., 14., est présentée très clairement, la manière de balayage du disque (2) par la zone lumineuse.

- 15 Dans la Figure 9., on observe à la fois, le moment où l'ignition de (1r, -1r) a lieu, et où les (-1, 1) éteignent. Le signes électriques des photodiodes balayées par la lumière, se conduisent, via des câbles fins (17), Fig 15., aux anneaux (7), Fig 1., qui se trouvent à l'axe (18) qui tourne le disque (2). L'axe (18), qui est construit en bois, a des sillons, dans lesquels se trouvent les câbles fins qui conduisent les signes électriques des photodiodes.

- 20 Une section de l'axe en bois on peut observer à la Figure 15. L'axe en bois est un prolongement de l'axe métallique de la génératrice. Dans la Figure 16., on peut voir la liaison (19) de deux axes (l'axe métallique et l'axe en bois), et de même le degré d'amplification, qui a été pris égal à 5, et l'alimentation des amplificateurs opérationnels. 25 L'amplification des signes des photodiodes par 5, est relativement petite, mais suffisante, afin que les amplificateurs opérationnels se conduisent à la saturation, et en même temps nous assure par le "bruit" électronique. Un convertisseur, qui converse le courant continu au courant alternatif (INVERTER), doit pouvoir varier la fréquence fournie et de même la tension fournie, d'après les besoins du fonctionnement de l'installation, c'est à dire de l'aérogénérateur.
- 30 Au paragraphe précédent, a été expliqué précisément, la manière de production de la fréquence complémentaire, par la vitesse de rotation relative de deux disques (1) et (2), Fig. 2.

- 35 Ce qui reste est la description de la manière de variation de la tension fournie par l'INVERTER. La tension que l'INVERTER fournit, est définie par la tension de son alimentation. Il suffit conséquemment le contrôle de la tension au primaire du transformateur qui alimente l'INVERTER. 40 La méthode habituelle est le contrôle des instants d'ignition des transistors de puissance (Transistors ou Mosfets) à l'aide d'ordinateur. L'avantage de la méthode est la grande vitesse de variation de la tension. Le désavantage est l'apparition de nombreuses harmoniques.

- 45 Dans l'invention proposée est utilisé un transformateur à sortie variable sans l'utilisation de transistors de puissance au primaire. Afin qu'on obtienne cette variation de la tension, on utilise un transformateur dont le noyau, à la capacité du contrôle de flux magnétique. Ce contrôle de flux magnétique peut être obtenu par la rotation d'une partie du noyau du transformateur à son centre, comme c'est visible très clairement dans la Fig. 17.

- 50 Si R est la rayon de la partie rotative ($R = OA = OH$), Fig. 17., et si: $OD = DF = FG = GO$ et $DE = 4R$
on déduit: $DE = GH = 4R$ et $DF = FG = 4R + R = 5R$

Le dessin du transformateur a eu lieu en tenant compte le besoin que la résistance magnétique (reluctance) du noyau soit la plus stable possible, durant la rotation de sa partie rotative. C'est la raison pour laquelle il y a trois branches.

- 55 L'aire d'une section de la branche (22) est une fraction de l'aire de la section de la branche (23), Fig. 17. L'aire de la section de la branche (21) est égal à celui de la branche (23). Cette différence (de deux aires) assure le plus d'égalité possible de deux résistances magnétiques via les trajets: (A B C D E) et (A B C D F G H), puisque il y a la partie commune (A B C D), donc il y a le besoin de l'égalité de la reluctance (résistance magnétique) des trajets (D E) et (D F G H).
- Ce besoin est satisfait si: $DE/S_2 = (DF + FG + GH)/S_3$ où:
 DE , $(DF + FG + GH)$ sont les longueurs de deux trajets (D E) et (D F G H), et S_2 , S_3 sont les aires des branches (2) et (3).

En tenant compte que $DF = FG = 5R$ et $DE = GH = 4R$ on calcule:

$$4R/S_2 = (5R + 5R + 4R)/S_3 \text{ et finalement:}$$

$$S_2 = (2/7) S_3$$

La nécessité du maintien de la résistance magnétique la plus stable possible, existe afin qu' on évite les moments forts pendant la rotation de la partie centrale.

5 Dans la Figure 17. on peut voir aussi les spires intermediaires qui nous donnent les tensions intermédiaires $0.24U_o$, $0.693U_o$.

Les trois tensions, prises au secondaire, sont redressées comme c' est visible a la Fig. 1. et à la Fig. 17., et elles alimentent l' INVERTER, c' est à dire les trois INVERTERS, dont chacun alimente une de trois phases du rotor, via d' un paire des anneaux, Fig. 16.

10 A la Fig. 1. et a la Fig. 17., on peut voir le premier INVERTER qui alimente la phase A' du rotor.

Les autre deux sont une répétition de la Fig. 17. de $2 \times 4 = 8$ MOSFETs

Les vecteurs a la Fig. 17. (à gauche des lignes), présentent les sens des courants redressés.

A la Fig. 1. et a la Fig. 17. sont absents les diodes de protection des MOSFETs de l' INVERTER pour des raisons de facilité du dessin.

15 La manière de liaison des diodes de protection (Transient Suppressor) est visible au bas et à droite à la Fig. 17.

Les caractéristiques des MOSFETs et des diodes de protection sont choisis d' après nos besoins.

Le décisif au choix est la tension que les MOSFETs doivent "bloquer".

Ensuite nous calculons le nombre des MOSFETs que nous devons lier parallèlement d' après le courant maximum.

20 Si par exemple la tension maximale qui doit être bloquée est 190 Volt (RMS) ou 266 Volt (valeur de pointe), on peut choisir le TMOS MTM15N35 de la société MOTOROLA, avec des caractéristiques 350 V, 15 A.

Et si le courant maximum est 130 A (continu) on doit lier parallèlement 9 transistors de ce type, à la place de chacun de la Fig. 17., c' est à dire $9 \times 8 = 72$ MOSFETs.

La partie rotative du transformateur à sortie variable, tourne a gauche ou à droite à l' aide d' un moteur de courant continu et via d' un système de dégradation de la fréquence de rotation en engrenages. La rotation est lente, mais sans qu' il y ait de problème pour l' application décrite.

Ce dernier est expliqué au paragraphe qui concerne les avantages, où on peut voir que les variations des grandeurs, qui concernent le fonctionnement de la génératrice, sont lentes à cause de l' inertie du système.

Le moteur du contrôle de la tension fournie par le transformateur, M_{tr} , reçoit des ordres de commande pour une rotation à gauche ou à droite par un comparateur de tension, Fig 2.

Le comparateur, compare une tension de référence, en fonction de la fréquence de rotation de l' axe de la génératrice, avec la tension (une fraction) que le secondaire du transformateur nous fournit, Fig 2.

Les détails qui concernent le contrôle automatique d' une aérogénérateur qui utilise l' INVERTER photoélectronique décrit, se constituent l' objet d' un autre brevet accompagné par un modèle théorique (simulation) d' un aérogénérateur à axe vertical de type DARRIEUS.

A la Fig. 2 est présenté élémentrairement ce contrôle.

En général, le système proposé, simplifie le fonctionnement de l' aérogénérateur, puisque la fréquence de l' INVERTER est contrôlée "naturellement" et automatiquement par la vitesse de rotation relative de deux disques (1) et (2) , Fig. 1 , Fig. 3 , Fig. 6 et la tension fournie est contrôlée par un comparateur de tension qui exerce le contrôle du moteur M_1 .

On doit noter que la description de l' invention a eu lieu via un exemple qui est présenté à la Figure 2. Chaque modification qui concerne les matériaux utilisés à la construction de l' INVERTER photoélectronique, capable à fournir tension et fréquence variables au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types, à mesure que le principe reste le même, peut être supposée qu' elle est comprise dans le cadre de l' invention proposée.

Les caractéristiques de l' invention proposée sont recapitulés en les revendications suivantes:

Revendications

- 50 1. Construction d' un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variables au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types, comprenant un système d' ignition de transistors de puissance, où les transistors reçoivent les signes d' ignition, provenus par des photopiles balayées périodiquement par une zone lumineuse, où la fréquence de balayage est telle qu' elle soit ajoutée sur la fréquence mécanique de rotation du rotor et qu' elle nous donne la fréquence du réseau, après être multipliée par les nombre des pôles du rotor, et comprenant un transformateur à sortie variable, qui fournit les transistors de puissance via de contacts des spires intermédiaires (9), par lesquels l' INVERTER est alimenté, après le redressement des tensions prises, assurant avec cet-

te manière l' élimination des harmoniques.

2. Construction d' un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variables au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types selon la revendication 1, caractérisé en ce que la génératrice asynchrone, à cause de la manière d' alimentation du rotor, fonctionne comme une génératrice synchrone "flexible" qui peut varier la fréquence de rotation du rotor, sans le danger de désynchronisation, où cette possibilité de variation permet que l' élice de l' aérogénérateur puisse poursuivre librement la vitesse du vent, à manière que le rendement aérodynamique de l' élice soit toujours maximale, sans l' aide d' une boîte de vitesse mécanique compliquée, ayant une relation de transmission du mouvement stable.
3. Construction d' un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variables au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types selon les revendications 1 à 2, caractérisé en ce que le moteur M_1 tourne le disque (1) qui a une ouverture de forme convenable, où d' une part il y a les lampes d' éclairage (3) communes de commerce, qui fournissent la lumière qui passe via l' ouverture du disque tournant (1), ayant comme résultat une zone lumineuse tournante, de fréquence égale à celle du réseau, divisée par le nombre des paires des pôles du petit moteur synchrone M_1 .
4. Construction d' un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variables au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le disque (1), hors de la rotation primaire par le moteur M_1 , peut se mettre en une rotation complémentaire de très petite fréquence, à l' aide d' un petit moteur M_2 , articulé d' une manière solide sur le même axe (4) qui entraîne le moteur M_1 , Fig. 1, où cette rotation complémentaire se fait pour la création d' une ondulation de la tension (RMS) aux bornes d' une phase de stator, pendant la procédure de couplage avec le réseau, c' est à dire la zone lumineuse ne tourne pas avec une fréquence $50/(P/2)$ Hz, mais un peu plus petite où plus grande que $50/(P/2)$ Hz, et où cette rotation de M_2 s'arrête immédiatement après le couplage.
5. Construction d' un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variables au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types selon les revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la zone lumineuse tournante balaie la surface du deuxième disque (2), qui a sur sa surface des photopiles (8) avec une disposition convenable, et où ce deuxième disque (2) est entraîné par le même axe (18) qui entraîne le rotor de la génératrice.
6. Construction d' un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variables au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types selon les revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les amplificateurs opérationnels (5) sont conduits en saturation par les signes de tension des photopiles du disque (2), où la réception des signes par les amplificateurs opérationnels a lieu à l' aide des contacts mobiles (balais) qui sont toujours en contact avec les anneaux métalliques fins (7) auxquels aboutissent les signes, et les signes amplifiés provoquent l' ignition des MOSFETS de l' INVERTER.
7. Construction d' un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variables au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types selon les revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le transformateur qui alimente l' INVERTER varie sa tension fournie au secondaire, à l' aide d' une partie du noyau rotative (20), ou pendant cette rotation la résistance magnétique reste presque stable, grâce à la différence de l' aire de section des branches du noyau (21), (22), (23).
8. Construction d' un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variable au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types selon les revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l' INVERTER utilise trois MOSFETs en série, à la place de chacun de l' INVERTER classique, où les trois MOSFETs sont alimentés par les trois spires intermédiaires $0,24N_2$, $0,693N_2$, N_2 , où N_2 le nombre des spires du secondaire assurant l' élimination des harmoniques.
9. Construction d' un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variable au rotor entortillé d' une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types selon les revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la forme sinusoïdale de flux magnétique fourni par le rotor, permet une simplification de la construction de la génératrice, c' est à dire le bobinage du stator peut être concen-

tré, et l'entrefer peut être aussi le plus petit possible, réduisant les courants demandés pour l'excitation.

- 5 10. Construction d'un INVERTER photoélectronique capable à fournir tension et fréquence variable au rotor en-torillé d'une génératrice asynchrone pour des aérogénérateurs de tous les types selon les revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le couplage et le découplage de la génératrice avec le réseau ont lieu doucement, donnant le temps aux génératrices thermiques du réseau qu'elle soient adoptés sans le problème des perturbations.

10

15

20

25

30

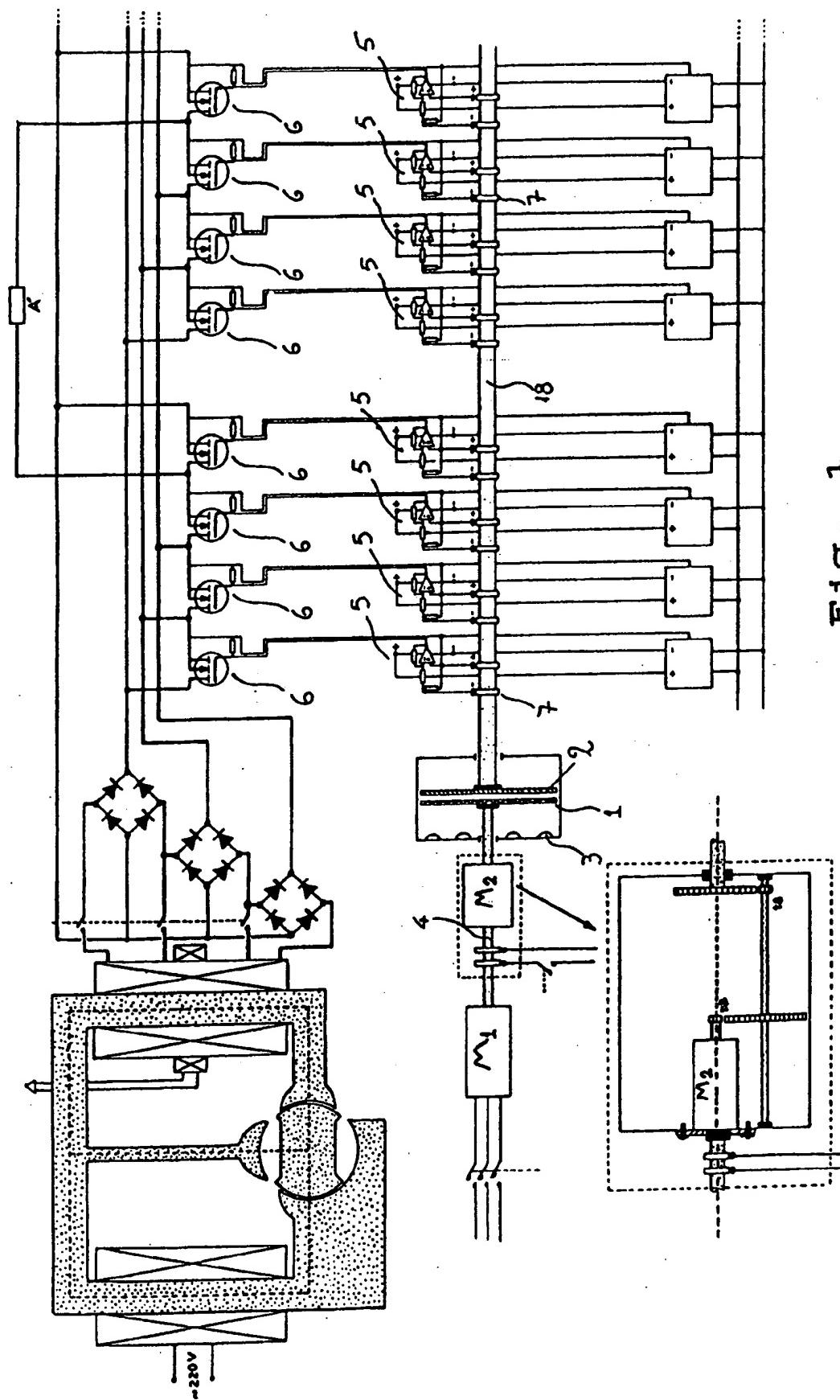
35

40

45

50

55



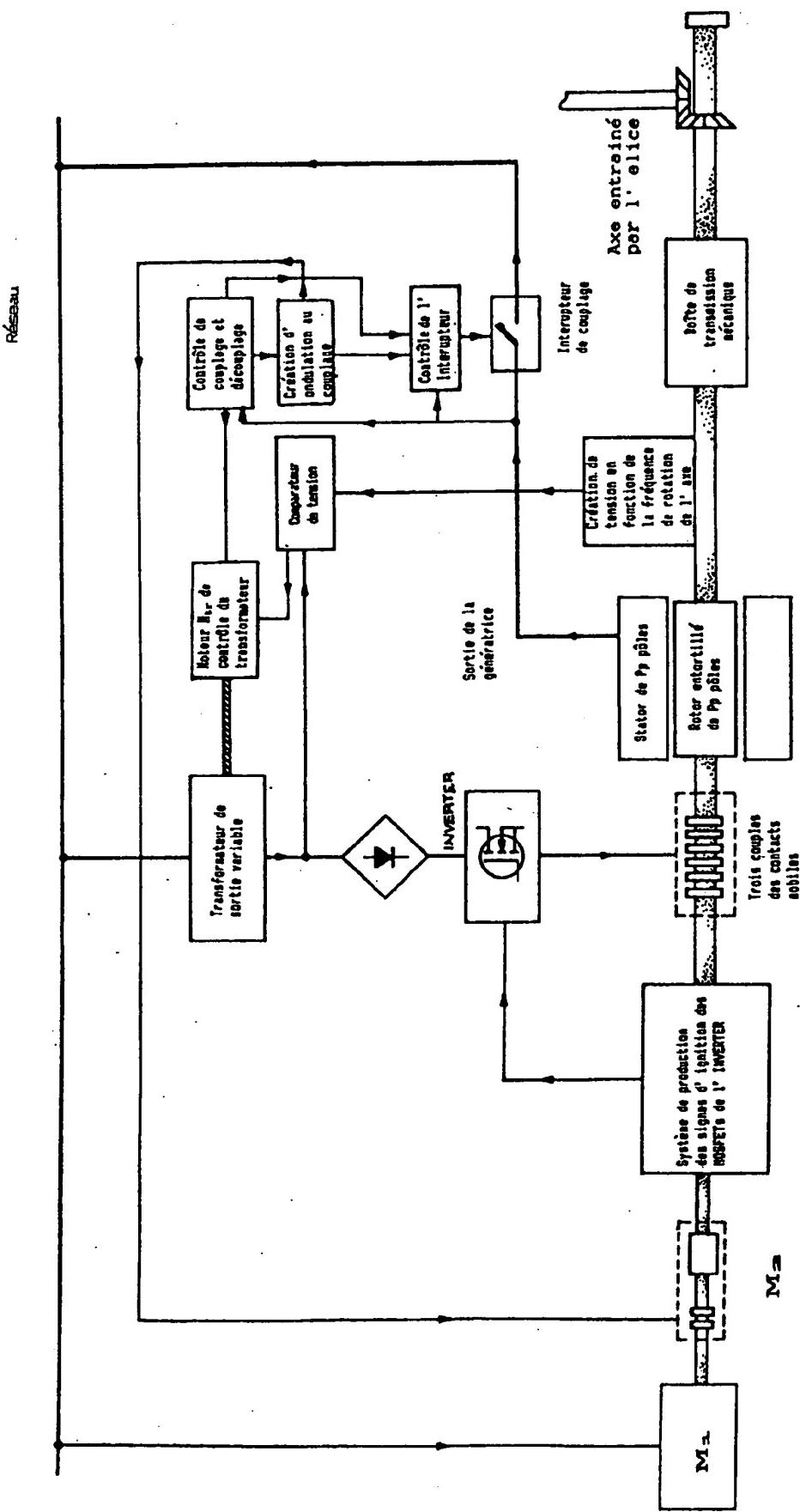


FIG. 2

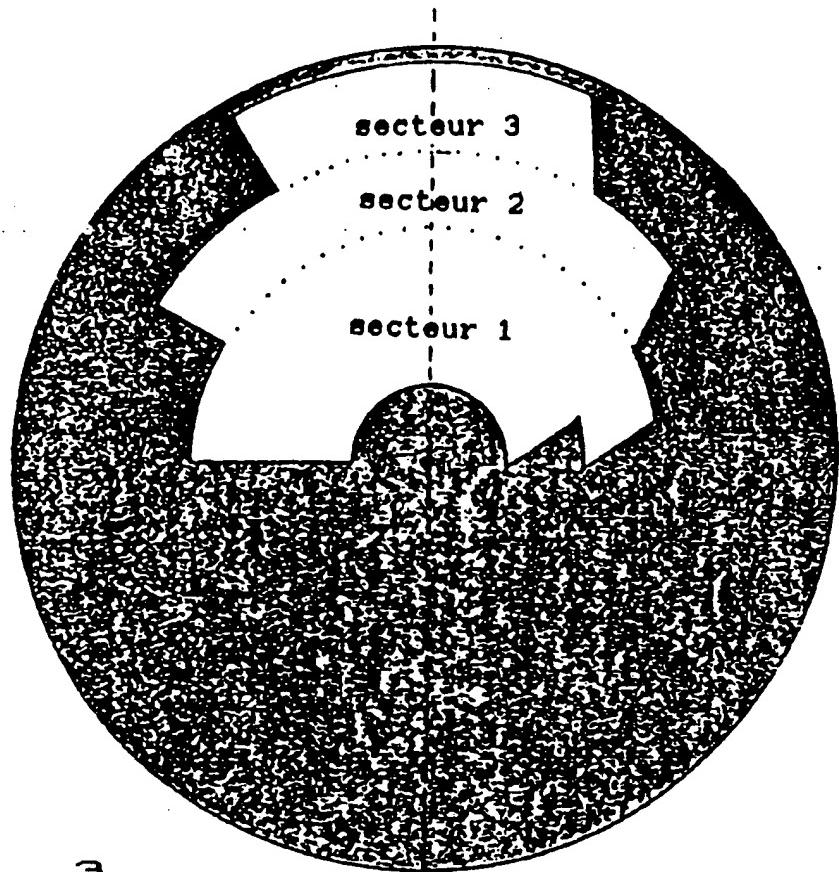


Fig. 3

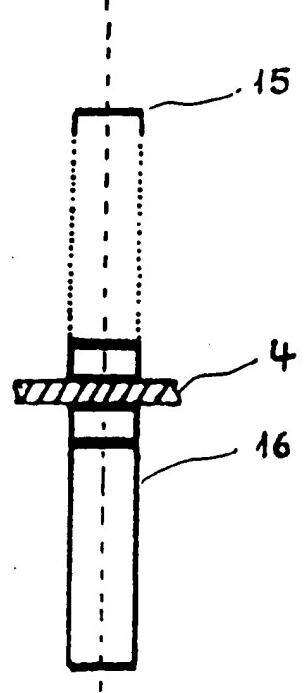


Fig. 4

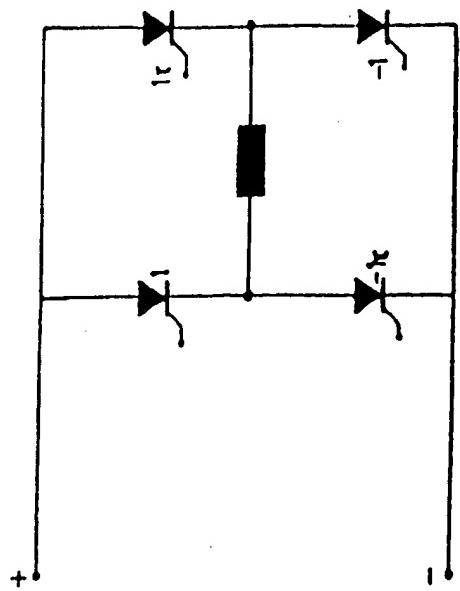


FIG. 5a

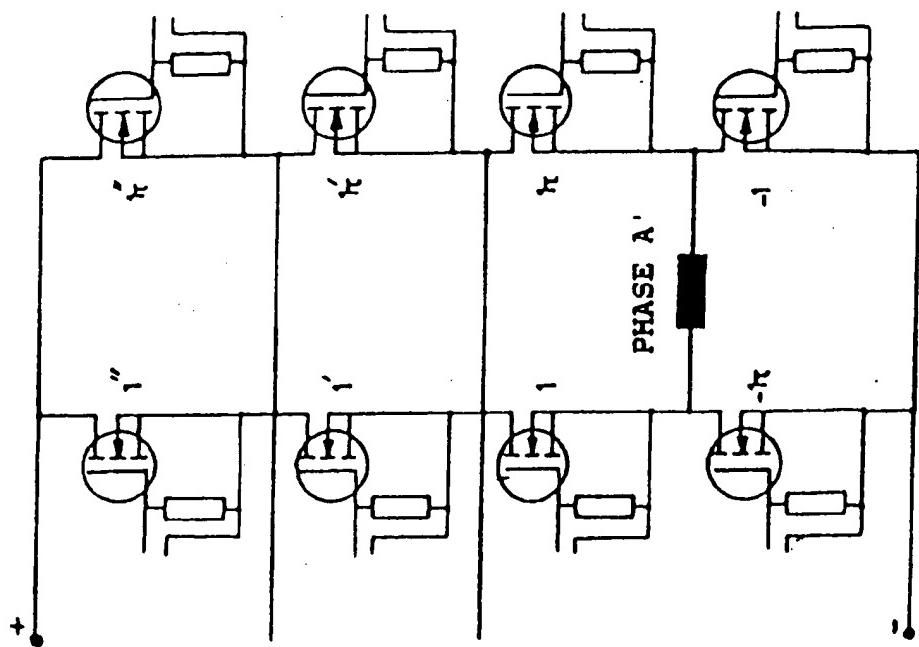


FIG. 5b

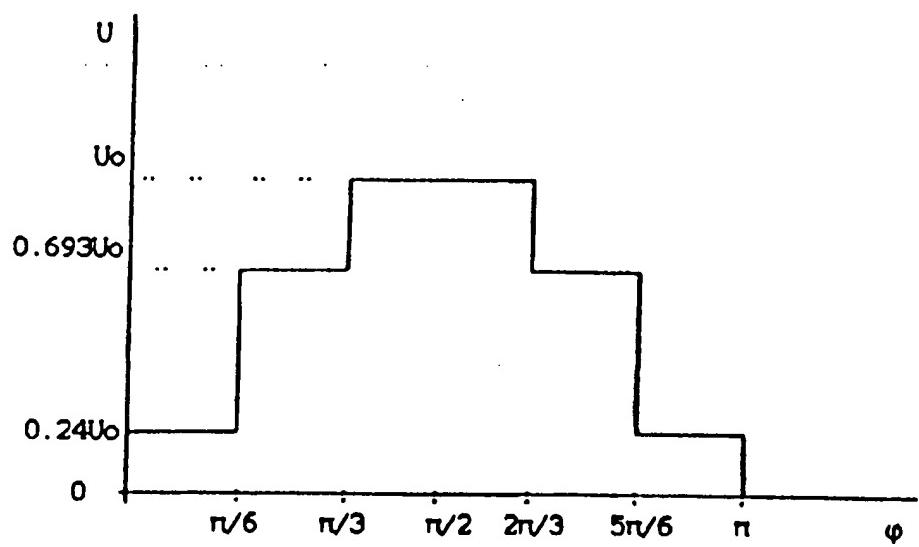


Fig. 5c

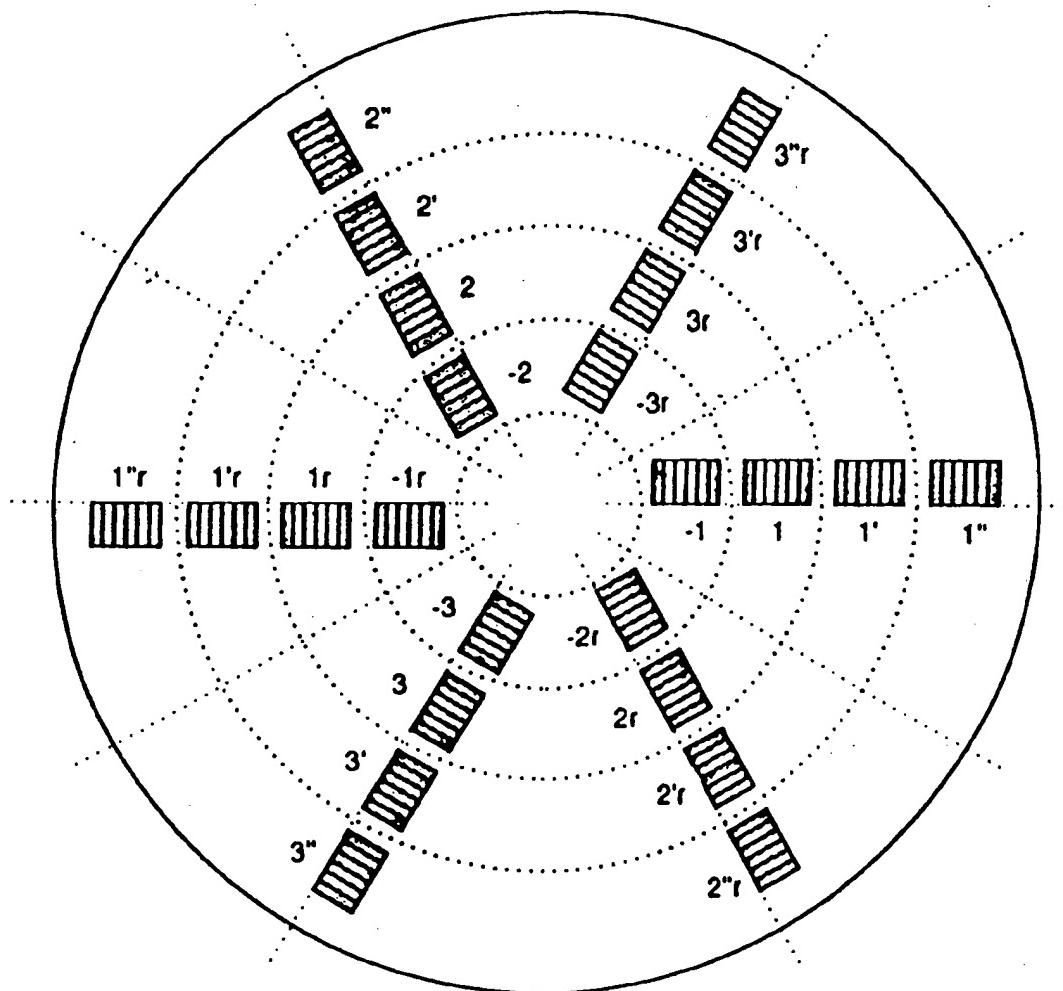
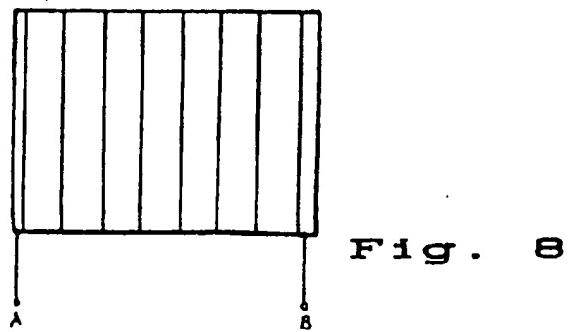
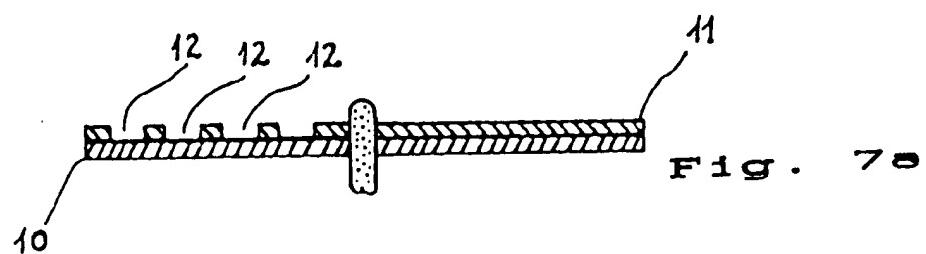
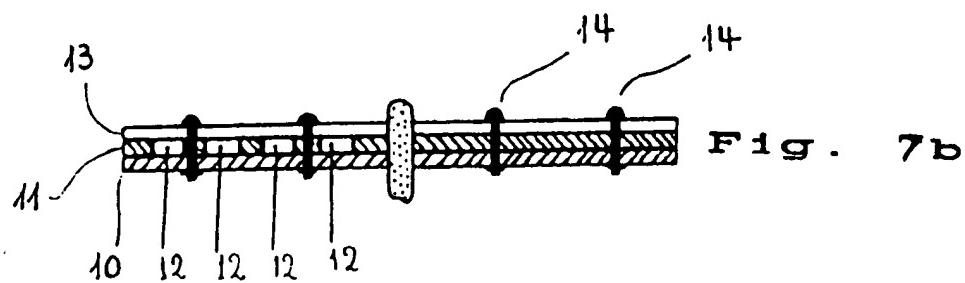


Fig. 6



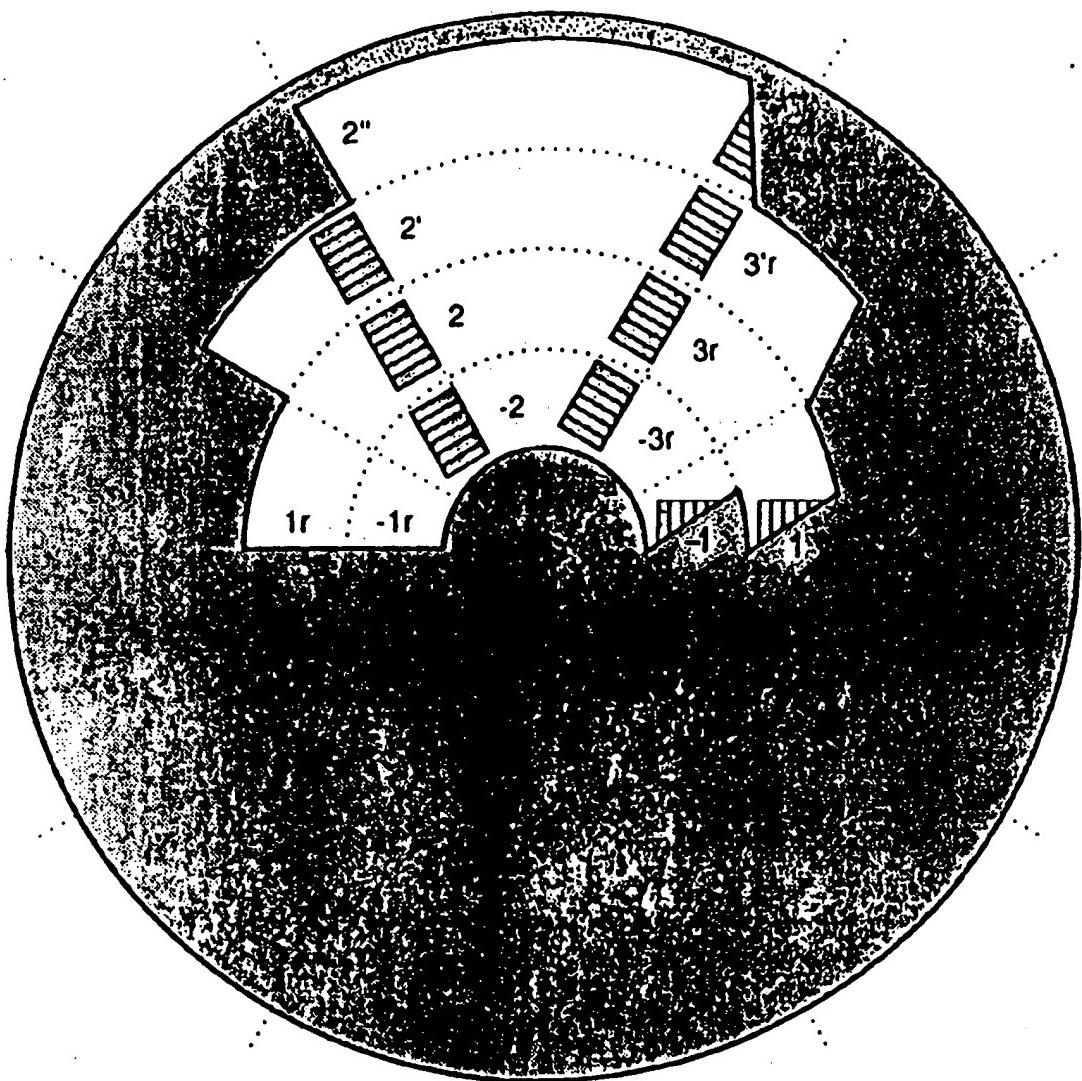


Fig. 9

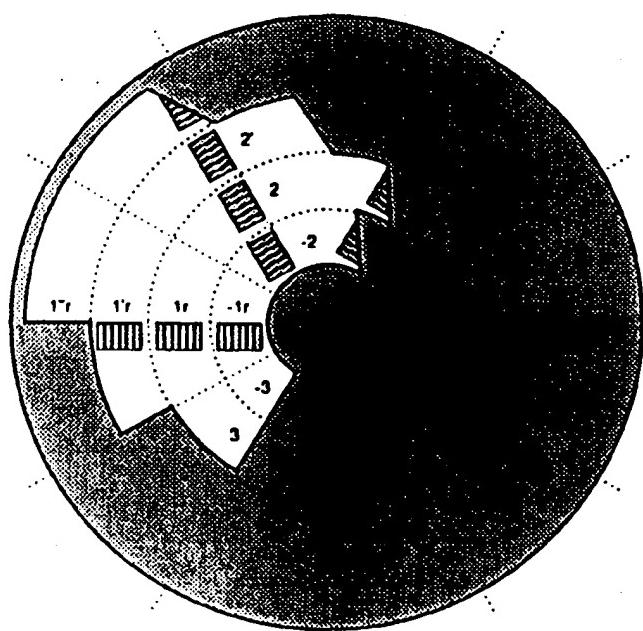


Fig. 10

EP 0 580 542 A1

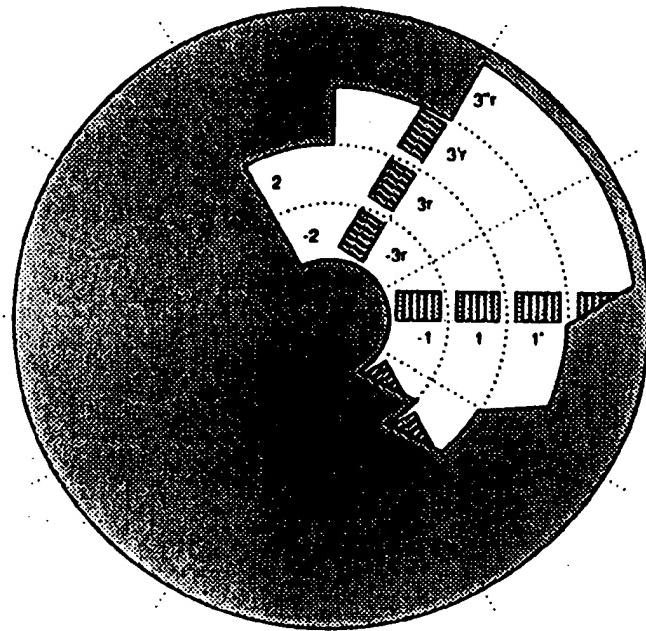


Fig. 11

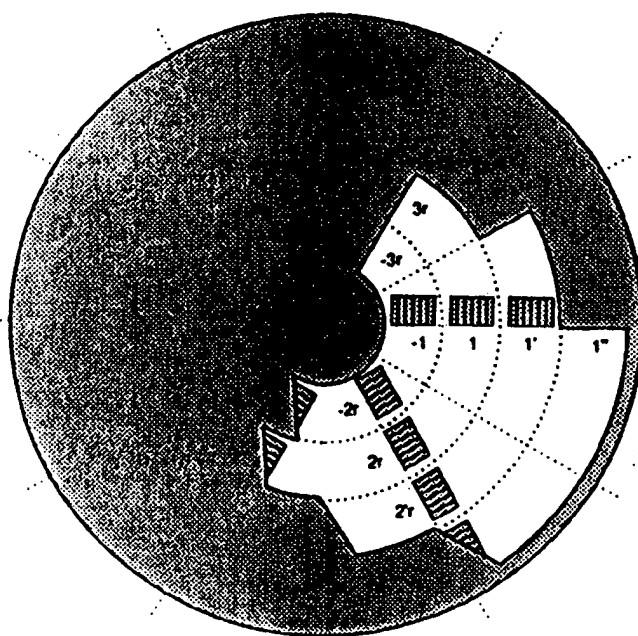


Fig. 12

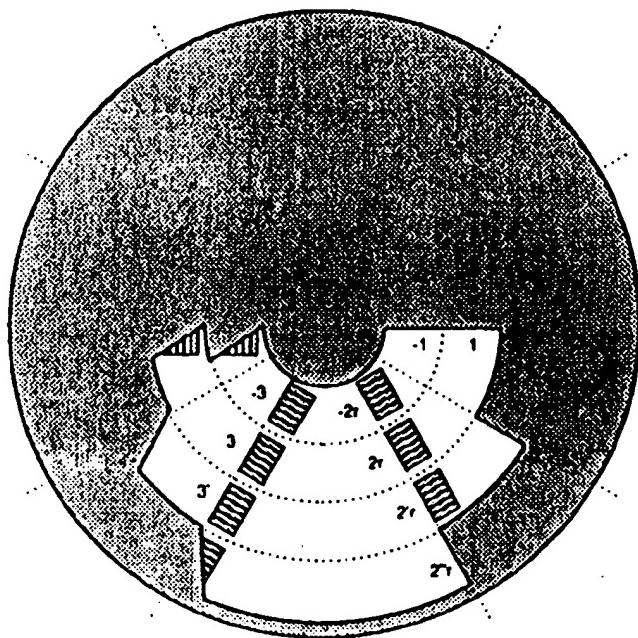


Fig. 13

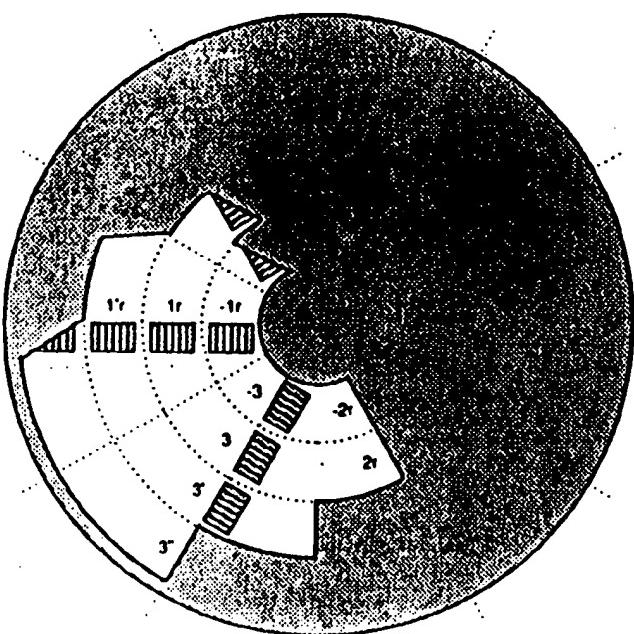


Fig. 14

EP 0 580 542 A1

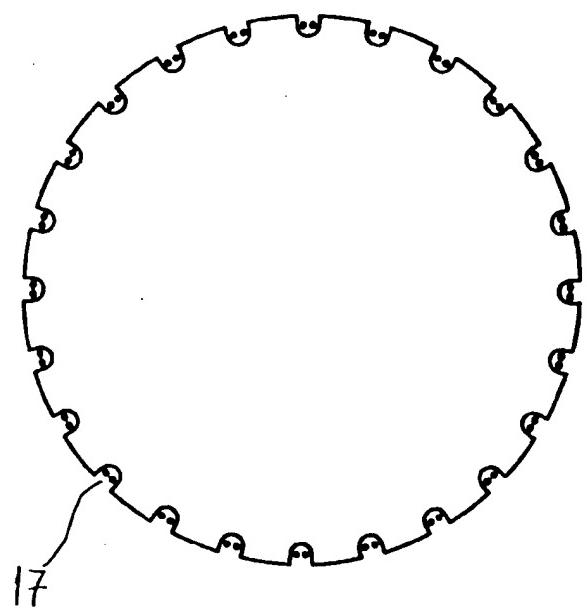


Fig. 15

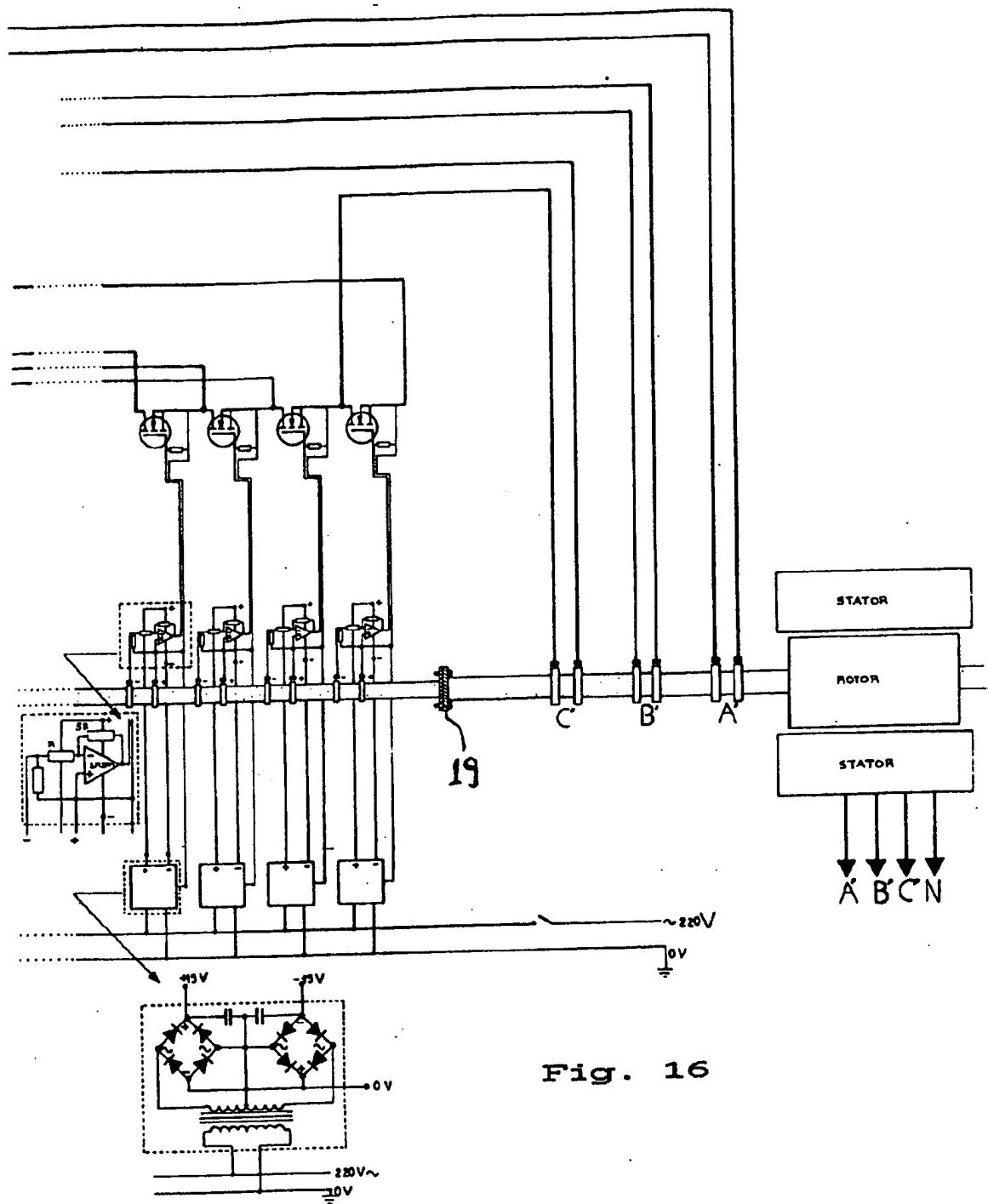


Fig. 16

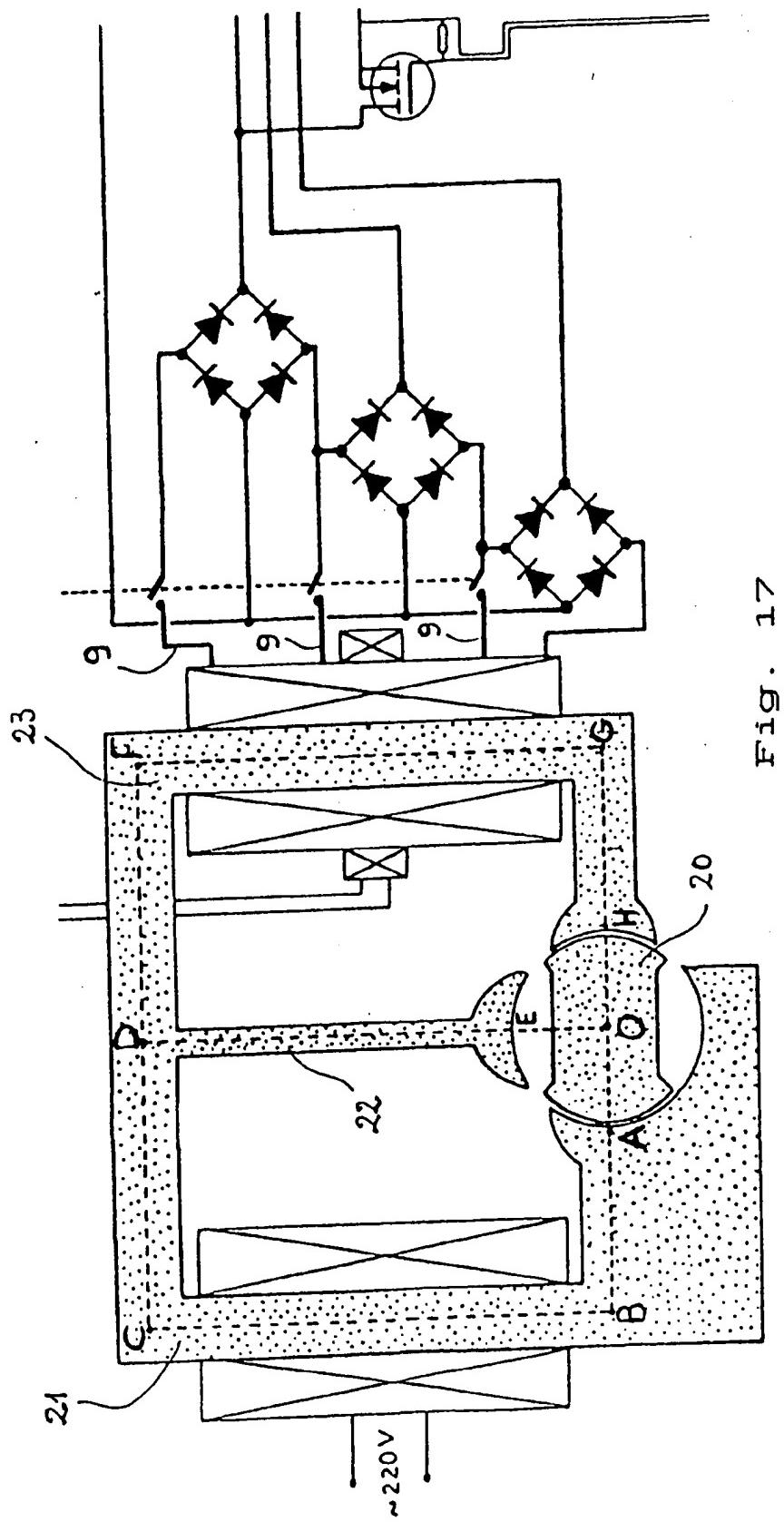


FIG. 17

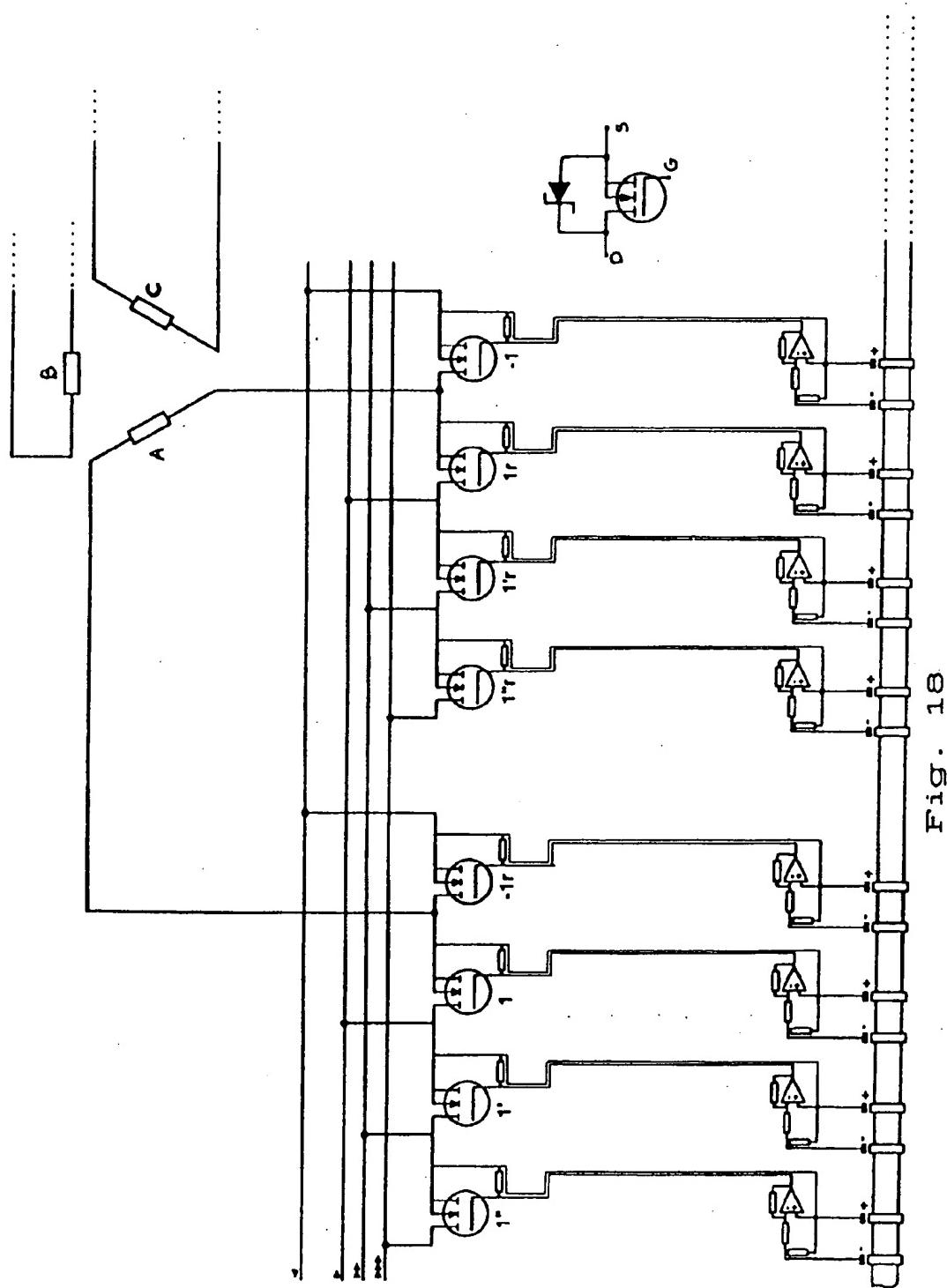


Fig. 18



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 93 60 0013

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
D,A	SIEMENS POWER ENGINEERING vol. 6, no. 1, Janvier 1984, pages 56 - 59 OTTO WARNEKE 'Use of a Double-Fed Induction Machine in the Growian Large Wind Energy Converter' * le document en entier * --- US-A-4 994 684 (LAUW ET AL.) 19 Février 1991 * abrégé; figure 1 * * colonne 10, ligne 66 - colonne 11, ligne 44 *	1	H02P9/42
A		1	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL5)			
H02P			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE	Date d'achèvement de la recherche 05 OCTOBRE 1993	Examinateur BOURBON R.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			